

## Beobachtungen über das Leuchtvermögen von *Ceratium tripos* (Müll.).

Von Dr. Otto Zacharias (Plön).

Spezielle Untersuchungen über die bei *C. tripos*, der bekannten marinen Peridinee, sich vorfindende Fähigkeit zur Lichtentwicklung erstrecken sich über einen Zeitraum von etwa 70 Jahren. Sie beginnen (1830) mit einer Arbeit des Kieler Arztes Dr. S. A. Michaelis<sup>1)</sup> und schließen mit einem Berichte des Pflanzenforschers J. Reinke (Kiel), welcher im Jahre 1898 sich mit demselben Gegenstande befasst hat<sup>2)</sup>. Ganz neuerdings (Oktober 1904) habe ich auch meinerseits Gelegenheit gehabt, das Leuchten jener Dinoflagellatenspezies zu beobachten. Meine Wahrnehmungen sind dazu geeignet, die Feststellungen Reinke's teils zu bestätigen, teils aber auch zu ergänzen. Ich werde im Nachstehenden die von mir eruierten Tatsachen zusammenstellen und die daraus sich ergebenden Schlussfolgerungen mitzuteilen mir gestatten.

### I. Zur Kenntnis des feineren Baues von *Ceratium tripos*.

Die bilateral asymmetrische Körperform der in Frage kommenden Spezies ist hinlänglich bekannt; ebenso die Zusammensetzung der Panzerhülle aus einzelnen Stücken (Apikalplatten, Äquatorialplatten, Gürtelband). Desgleichen die komprimierte Gestalt des ganzen Wesens, welche an die einer breitgedrückten Kugel erinnert. Von allen diesen Einzelheiten hat Stein<sup>3)</sup> vorzügliche Abbildungen geliefert. Vorher waren auch schon von R. S. Bergh einige gute Zeichnungen publiziert worden<sup>4)</sup>. Was die Struktur der Panzerhülle speziell bei *C. tripos* betrifft, so ergibt die Behandlung derselben mit Jodjodkalium und Schwefelsäure (zum Zwecke des Nachweises der darin vorherrschenden Zellulose) gleichzeitig auch die deutliche Anwesenheit zahlreicher Poren auf der Vorderfläche derselben, wogegen die Hinterseite davon gänzlich frei ist. Ich betone diesen Umstand, weil ich ihn nirgends besonders erwähnt finde. Sicher gilt dieses Merkmal wenigstens von den Oktoberexemplaren aus der Kieler Förhde, an denen ich meine mikroskopischen Beobachtungen gemacht habe. Bei einer langhörnigen Varietät aus der Südsee (*Peridinium macroceros* Ehrb.) scheint Stein (l. c. Taf. XVI, Fig. 9) auch auf der Hinter-, resp. Unterfläche Poren vorgefunden zu haben, wie seine Abbildung erkennen

1) Über das Leuchten der Ostsee. 1830.

2) Über das Leuchten von *Ceratium tripos*. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen. III. Bd. (Abteil. Kiel), 1898.

3) Der Organismus der Infusionstiere, III. Abteil. 1883.

4) Der Organismus der Cilioflagellaten. Morph. Jahrb., VII. Bd., 2. Heft, 1881.

lässt. Dies dürfte aber eine Ausnahme sein. Ich habe bei vielen Exemplaren genau auf diesen Punkt geachtet, fand aber immer wieder meine Wahrnehmung vom Fehlen jener winzigen Öffnungen auf der Ventralseite des Panzers bestätigt. Die Durchlöcherung setzt sich selten auch auf die Hörner fort, und da, wo sie vorkommt, reicht sie selten weiter als bis ins erste Drittel dieser Verlängerungen. Der Abstand der winzigen Öffnungen beträgt 2—3  $\mu$ . Gewöhnlich zeigen sie eine unregelmäßige Anordnung; doch habe ich manchmal auch mehrere parallele Reihen von Poren konstatiert. Ja eine ununterbrochene Serie von Poren findet man fast ausnahmslos am oberen und unteren Rande des Gürtelbandes. Die beiden Seitenhörner zeigen bei allen von mir untersuchten Ceratien eine spitz zulaufende Endigung, wogegen das Apikalhorn stets wie abgeschnitten aussieht. An diesem größten Horn glaube ich auch eine Eigentümlichkeit wahrgenommen zu haben, die keiner der bisherigen Untersucher von *C. tripos* hervorgehoben hat: nämlich das Vorhandensein einer Öffnung am Ende desselben, die deutlich zu beobachten ist, wenn man ein schräg nach aufwärts gerichtetes Apikalhorn zu Gesicht bekommt. Dann vermag man dessen röhrenförmige Beschaffenheit ohne weiteres zu konstatieren und gewinnt den Eindruck, als blicke man in ein sehr fein ausgezogenes Glasröhrchen direkt von vorn her hinein. Da man aber nur ziemlich selten, selbst unter sehr vielen Ceratien, ein für diesen Zweck günstig gelegenes Exemplar anzutreffen die Chance hat, so mag es gekommen sein, dass auch geübten Beobachtern die Existenz einer solchen Öffnung bisher entgangen ist. Das *C. tripos* der Kieler Bucht hat eine Gesamtlänge von 220—230  $\mu$  und eine Panzerbreite (in der Querschnittsgegend) von 70—75  $\mu$ . Es besitzt eine große Anzahl rundlicher Chromatophoren von rotbrauner Färbung, welche dicht unter der dünnen Panzerhülle gelegen sind. Beim langsamen Absterben des Zellinhaltes verändern diese Farbstoffträger ihr Kolorit in ein fahles Gelb. Gleichzeitig tritt aber jener Inhalt teilweise aus der ventral gelegenen Geißelspalte hervor. Nach meinen Wahrnehmungen dient er dann hauptsächlich den im Plankton mit anwesenden Rädertieren (*Synchaeta baltica* Ehrb.) und den Copepoden zur Nahrung.

## II. Die Bedingungen, unter denen das Leuchten von *Ceratium tripos* stattfindet.

Wenn man die Schilderung Ferd. Cohn's<sup>1)</sup> liest, so bekommt man eine nicht völlig zutreffende Vorstellung von der Betätigung des Leuchtvermögens der Ostsee-Ceratien. Es heißt in der Be-

1) F. Cohn: Die Pflanze, 1897, S. 372.

schreibung des Genannten: „Am Tageslichte zeigen die Peridinien nichts außergewöhnliches, aber in der Finsternis gewähren sie ein wunderbares Schauspiel. Ihr Körper wirft Blitze durch das Dunkel; bei jedem Drehen und Wenden schließt Strahl auf Strahl hervor. Nicht der Dreizack des Neptun, Jupiters Donnerkeil ist es, nach dessen Bilde sie gemacht scheinen.“ Im Vergleich hierzu ist die Schilderung, welche v. Stein in der Einleitung zu seiner Monographie der arthrodelen Flagellaten von dem Leuchtphänomen entwirft (S. 16 und 17 daselbst) bei weitem naturgetreuer und hinsichtlich der Details der ganzen Erscheinung den von mir selbst beobachteten Tatsachen vollkommen entsprechend. Meine eigenen Wahrnehmungen beziehen sich auf den Monat Oktober des laufenden Jahres (1904), also auf diejenige Jahreszeit, wo bekanntermaßen das *C. tripos* im Bereiche der Kieler Bucht in maximaler Anzahl zu finden ist. Trotz dieser üppigen Wucherung (und bei 8–10° C. Wassertemperatur) war aber im Hafen selbst keine Spur einer Lichtentwicklung zu entdecken. Auch beim Hin- und Herbewegen der Ruder oder beim raschen Fortführen einer Stange durchs Wasser zeigte sich keinerlei Aufblitzen der massenhaft die Flut durchsetzenden Peridineen. Anders aber verhielt sich die Sache mit einem Planktonfange, der im verdunkelten Zimmer beobachtet wurde. Hier zeigte sich schon nach wenigen Minuten ein lebhaftes Aufblitzen einzelner Punktwesen, welches im Verlaufe einer Stunde sich zu einem Sternschnuppenfall en miniature gestaltete. Stein nennt es ein „prachtvolles Feuerwerk“ und ich muss ihm in dieser ebenso richtigen wie naheliegenden Bezeichnung beistimmen. Scheinbar tritt das Funkeln der einzelnen Peridinien ganz spontan auf und man möchte glauben, dass die Aussendung von Licht seitens dieser kleinen Wesen eine bloße Begleiterscheinung ihres Lebensprozesses und ebenso relativ selbstverständlich sei, als etwa die Atmung und die Fortbewegung dieser Organismen im Wasser. Dies ist aber nicht der Fall, wie folgendes Experiment lehrt. Ich verschaffte mir mit Hilfe eines sehr feinen Gazeetzes eine recht bedeutende Menge Ceratien-Plankton und füllte damit ein großes, weithalsiges Glasgefäß an. In diesem begann in der Dunkelheit alsbald wieder jenes Blitzen und Funkeln, welches oben bereits geschildert wurde und es trat in diesem Behälter, der besonders reichlich mit Ceratien besetzt war, in einer der Anzahl derselben proportionalen Großartigkeit auf. Dies brachte mich auf den Gedanken, diesen konzentrierten Sammelfang sozusagen als Stammlösung zu benutzen und Verdünnungen daraus herzustellen. Mischte ich nun 100 ccm solchen Ceratienwassers mit demselben Volumen gewöhnlichen Fördewassers, so traten die Funken schon weniger oft in dem betreffenden Glase auf, als in dem Stammgefäße. Setzte ich die Kontrolle in der Weise fort, dass

ich eine Reihe von kleineren Glaszylindern (4 Stück) nebeneinander stellte, in denen jeder folgende immer 50 cm mehr gewöhnliches Seewasser enthielt, als der vorhergehende, so ergab sich ein dementsprechendes Seltenerwerden des raketenartigen Aufblitzens der Ceratien, aber ohne Verminderung der Intensität der einzelnen Lichteffekte. Es lag nun nahe, jetzt den umgekehrten Versuch zu machen und die Verdünnungen wieder rückgängig zu machen, indem man den Inhalt aller 5 Zylinder mittels des Gazefilters milder stark konzentrierte und in einem Literglase vereinigte. Als bald (nach etwa 10 Minuten) war die frühere Häufigkeit des Auftretens leuchtender Punkte (der „Sternschnuppenfall“) wieder erzielt und das brillante Schauspiel aufs neue in völliger Integrität hergestellt.

Dieses Experiment zeigt ganz unwidersprechlich, dass das Blitzen und Funkeln kein spontan eintretender Vorgang sein kann, sondern dass es öfter oder minder oft eintritt, je nachdem viel oder weniger Ceratien in einer bestimmten Wassermenge enthalten sind. Wenn nun aber 3000 Ceratien in — sagen wir 50 cm Wasser — schweben und schwimmen, so werden sich weniger Zusammenstöße von zweien oder mehreren derselben ereignen, als wenn zehn oder zwanzig Tausend in derselben Quantität zugegen sind — dies ist ein ganz selbstverständliches Axiom der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dass Stöße aber das Aufleuchten der Ceratien bewirken, ergibt sich schon aus dem grobmechanischen Versuche, bei dem man ceratienhaltiges Wasser einfach aus 20—30 cm Höhe in eine leere Schale herabgießt. Hier zeigt sich (in der Dunkelkammer), dass beim Aufschlagen des Wassers auf den Schalenboden sofort viele leuchtende Punkte zu erglänzen beginnen. Dass es aber nicht Stöße von starker Intensität zu sein brauchen, welche diese Wirkung erzeugen, geht aus dem weiteren Umstande hervor, dass frische, lebenskräftige Ceratien schon dann aufleuchten, wenn man den Teller, worin sie sich (in Wasser suspendiert) befinden, bloß an einer Seite aufkippt und wieder niedersenkt. Diese letztere Wahrnehmung, in Verbindung gebracht mit der Tatsache, dass die Anzahl der auftretenden Lichtblitze mit dem größeren oder geringeren Gehalte eines Wasservolumens an Ceratien zu- oder abnimmt, liefert den bündigen Beweis dafür, dass die blitzartige Lichtwirkung erst bei dem Zusammenstoße zweier oder mehrerer dieser winzigen Wesen in die Erscheinung tritt — dass sie somit durch den Reiz, den der Stoß auf die lebende Protoplasmanasse des *Ceratium* ausübt, erst innerhalb der letzteren ausgelöst wird. Die Lichtblitze und das Funkeln machen sich aber immer nur bei solchen Ceratien bemerklich, welche ganz frischen Fängen entstammen; schon nach 24—30 Stunden lässt die Lebenstätigkeit der in Glasbehältern aufbewahrten Ceratien

erheblich nach und viele sinken zu Boden, ohne darum schon tot zu sein. Diese geschwächten Individuen reagieren bei Erschütterung und Stoß auch nicht mehr mit intensiver, blitzartiger Lichtproduktion, sondern bei ihnen tritt das sogen. „ruhige Leuchten“ ein, von dem manche Autoren in ihren Berichten gesprochen haben. Dieses Leuchten ist nicht intermittierend, sondern ununterbrochen und hat einen mehr grünlich-weißen Schein, im Gegensatz zu den von frischen Ceratien ausgehenden Lichtwirkungen, die dem nächtlichen Sternengefunkel vollkommen ähnlich sind. Jenes ruhige Licht überdauert den mechanischen Anstoß, auf den hin es erfolgt, etwa um 20—30 Sekunden, und oft ist es so stark, dass man dabei die Zeiger einer Taschenuhr deutlich zu erkennen vermag.

Was die Lebensdauer der Ceratien in den Behältern des Laboratoriums anbelangt, so habe ich sie 3—4 Tage nie übersteigen sehen. Es ist deshalb ganz unbegreiflich, wenn Ehrenberg<sup>1)</sup> erzählt, dass er das *Peridinium tripos*, welches ihm Dr. Michaelis aus Kiel in Menge zusandte (1838), einen Monat lang zu Berlin am Leben und leuchtfähig erhalten habe. Wie er das fertig gebracht hat, kann ich mir nicht erklären. Auch Stein berichtet, dass es ihm nicht möglich gewesen sei, das ihm zu Untersuchungen dienende Ceratienmaterial länger als 4—5 Tage lebendig aufzubewahren.

Ich möchte hier auch noch eine Wahrnehmung anschließen, die ich an Ceratien gemacht habe, welche ich am 28. Oktober morgens im Kieler Hafen (bei Holtenau) auffischte, mit nach Plön nahm und dort alsbald untersuchte. Ich brachte die mit den betreffenden Planktonfängen angefüllten Gläser in meine gänzlich verfinsterte photographische Dunkelkammer, ließ sie dort erst eine Stunde stehen und wollte dann mit meinen Beobachtungen beginnen. Aber siehe da, nicht ein Fünkchen war in irgend einem der Behälter zu erspähen. Dieser Streik der kleinen Wesen dauerte bis nachmittags 5 Uhr; dann wurden sie leuchtfähig und blieben es bis spät in die Nacht. Am anderen Tage kontrollierte ich den Inhalt der Gläser zwischen 6 und 7 Uhr morgens, dann um 10 Uhr vormittags und schließlich um 3 Uhr nachmittags — aber weder durch Schütteln noch durch Anstöße war ein Leuchteffekt hervorzubringen. Dagegen trat ziemlich lebhaftes Funkeln wieder gegen Abend nach 5 Uhr ein. Dasselbe erfolgte am dritten Tage zu gleicher Tages-, resp. Abendstunde. Offenbar waren die Ceratien des 28. Oktober nur vor Eintritt der Dämmerung an disponiert, ihre Leuchtkraft zu betätigen. Hierzu im Gegensatz leuchteten die Ceratien eines Fanges vom 21. Oktober sofort nach meiner Rückkehr

1) Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen, 1838, S. 255.

aus Kiel, als ich die Gläser in die Dunkelkammer gebracht hatte. Auch das noch ziemlich feuchte Netz wurde über und über leuchtend, wenn ich im Finstern sanft mit den Händen darüber hinstrich und es behielt diese Fähigkeit etwa 2 Stunden, bis die Gaze sich kaum mehr feucht anfühlen ließ. Möglicherweise hängt diese Verschiedenheit in der Disposition zum Leuchten mit der Wassertemperatur zusammen. Diese betrug am 21. Oktober 9 und 10° C.; am 28. Oktober aber nur 7 und 8° C. Erfahrungsgemäß ist eine höhere Temperatur dem Auftreten des Meeresleuchtens im allgemeinen günstiger, wie aus den Beobachtungen der verschiedenen Forscher hervorgeht.

### III. Beeinflussung der Leuchtfähigkeit durch chemische Wirkungen.

Als Spallanzani seinerzeit gewisse Quallen der Meerenge von Messina bezüglich ihrer „Phosphoreszenz“ untersuchte, belebte er das scheinbar erloschene Leuchtvermögen einzelner dieser Tiere mit Kuhmilch und Urin. Nach solchem Vorgange gerät man leicht auf den Gedanken, es bei den Ceratien mit anderen, resp. stärkeren Reizmitteln zu versuchen. Auch Michaelis hat schon Experimente solcher Art angestellt und die Kieler Ceratien mit Säuren, Alkalien und Metallsalzen behandelt, wodurch das Leuchtvermögen in der verschiedensten Weise beeinflusst wurde. J. Reinke hat gleichfalls mehrere Versuche dieser Art ausgeführt und dazu Natronlauge, Jod, Eisenchlorid, Äther, Amylalkohol etc. benützt. Dieser Autor wandte übrigens auch die elektrische Reizung an und rief durch den konstanten elektrischen Strom, den er durch ceratienhaltiges Seewasser leitete, ein intensives Leuchten dieser Wesen hervor.

Ich selbst habe mit einer ganzen Reihe von Chemikalien, die mir gerade zur Hand waren, experimentiert. Das Verfahren dabei war folgendes. Die Säuren (Schwefelsäure, Eisessig, Chromsäure (als konzentrierte Lösung) kamen in der Weise zur Verwendung, dass immer 4 ccm davon mit ebensoviel Wasser verdünnt wurden. Diese Dosis brachte ich in eine Kochschale von mittlerer Größe und dahinein wurde das Ceratienwasser von geringer Höhe (10–15 cm) herab aus einem weithalsigen Gefäße gegossen. Von den Salzen wurden konzentrierte Lösungen hergestellt, welche zur Hälfte mit Wasser versetzt und dann ebenso verwendet wurden, wie die Säure und der absolute Alkohol. Die Ergebnisse gestalteten sich wie folgt:

a) Schwefelsäure. — Viele einzelne Sternchen rasch aufblitzend, aber schnell wieder erlöschend. Im ganzen schwache Wirkung (vergl. Michaelis l. c.).

b) Eisessig. — Ähnlich wie die vorige, aber noch schwächer im Effekt.

e) Chromsäure. — Ebenfalls ohne besonders markante Wirkung.

d) Kaliumkarbonat (Pottasche). — Mehrere Sekunden andauerndes starkes Leuchten des ganzen Schaleninhaltes und viele blitzende Sterne.

e) Bromkalium. — Aufleuchten von mittlerer Intensität und viele Sternchen; rasche Abnahme der Wirkung.

f) Kupfervitriol. — Geringer Leuchteffekt, wenige, winzige Sternchen.

g) Rhodanammonium. — Ganz unbedeutende Wirkung.

h) Eisenvitriol. — Dem vorigen sehr ähnlich, einige wenige Lichtblitze in der Flüssigkeit.

i) Natriumsulfit. — Schwaches, rasches Aufleuchten zahlreicher Ceratien, flüchtige Wirkung.

k) Kreosot (einige Tropfen in 4 ccm Wasser). — Großer Effekt; mildes, lange anhaltendes Phosphoreszieren.

l) Holzessig. — Von ähnlicher, nur etwas schwächerer Wirkung wie Kreosot.

m) Phenolphthalëin. — Viele Sternchen, rasch aufblitzend und wieder verschwindend.

n) Offizinelle Jodtinktur. — Große Wirksamkeit, viele Funken in Ceratienwasser von starker Intensität. Ich erzielte einen ähnlichen Erfolg mit alkoholischer Jodlösung wie Reinke (l. c.) sie von seinem Versuche mit Jodjodkalium meldet.

o) Absol. Alkohol. — Starkes Aufleuchten mit vielen Sternen. Intensives und andauerndes Nachschimmern des ganzen Schaleninhaltes. S. A. Michaelis schildert den Effekt desselben Reagens wie folgt: „Schönes, 10 Minuten dauerndes Leuchten. Dann verlöschen die einzelnen Punkte allmählich und 15 Minuten lang bemerkt man noch einen schwachen, milchigten Schimmer. Nach genauer Betrachtung entdeckt man immer, dass auch dieser von einzelnen sehr schwach erhellten Punkten ausgeht.“ Reinke (l. c.) berichtet ebenfalls in diesem Sinne und sagt: „Acetylalkohol rief schönes, starkes Leuchten hervor; es bedurfte eines sehr starken Zusatzes, um dasselbe erlöschen zu machen.“

p) Salmiakgeist (Liqu. ammonii). — Plötzliches starkes Aufleuchten; hellen Schimmer von vielen Lichtpunkten hervorrufend, aber kurzdauernder Effekt.

q) Quecksilberchlorid. — Außerordentlich starker Leuchteffekt! Maximales Funkeln und Blitzen: Feuerwerksähnlicher Anblick. Michaelis scheint dieselbe Beobachtung gemacht zu haben, denn er sagt vom Sublimat: „In wenigen Sekunden verlöschendes starkes Leuchten, kein Phosphoreszieren.“

r) Formalin. — Die Wirkung der verdünnten 40prozentigen Lösung des Formaldehydes stellte alle bisher verwendeten Reagentien

in den Schatten und erzielte einen geradezu wundervollen Leuchteffekt, der als solcher nur noch mit demjenigen des Quecksilberchlorids verglichen werden kann, obgleich er denjenigen dieses giftigen Salzes zweifellos noch übertrumpft.

s) Urannitrat. — Dieses Reagenz war von einzigartiger Wirkung insofern, als es ein sehr andauerndes mildes Leuchten verursacht, welches auf das Erglühen zahlreicher Ceratien zurückzuführen war, die aber dem Auge nur ganz punktförmlich erschienen. Ein intensiveres Aufblitzen konnte nicht beobachtet werden. Eine so andauernde Leuchterscheinung hat keines der vorher benutzten Reagentien aufzuweisen gehabt.

Zuletzt machte ich noch einen Versuch mit Seewasser von 50° C., von welchem ich etwa 50 ccm in einen Suppenteller mit Ceratienwasser schüttete. Diese Prozedur zeitigte aber keine große Wirkung. Ich bemerkte das Aufblitzen nur wenigen Sternchen und dann trat rasch wieder tiefste Finsternis ein. Nach allen diesen Versuchen muss ich dem Jod, dem Quecksilberchlorid und dem Formalin — also den notorisch stärksten Protoplasmagiften — die Hauptwirkung hinsichtlich des Hervorrufens eines intensiven Leuchteffektes zuschreiben, während das Urannitrat diesen dreien in bezug auf die längste Dauer des erzielten Lichtscheinens an die Seite zu stellen ist.

J. Reinke meint (bei Besprechung der auch von ihm erprobten Jodwirkung), er habe den Eindruck erhalten, dass die Ceratien, gerade bevor sie absterben, „gleichsam in der Todeszuckung, noch soviel Leuchtstoff verbrennen, wie nur möglich ist“ (l. c. S. 3). Dieser Satz bildet aber doch bloß eine Umschreibung der nackten Tatsache, dünkt mich, dass die *Ceratium*-Zellen beim schnellen Gerinnen ihrer Leibessubstanz einen maximalen Lichtstrom aussenden, der — wenn ihre Anzahl groß ist — sogar noch die nächste Umgebung des Versuchsgefäßes kräftig zu erhellen vermag. Warum sie sich jedoch in den obigen Fällen gerade im Augenblicke ihres Verschwindens mit einem besonderen Nimbus umgeben, wird durch Reinke's Kommentar dazu nicht klargestellt und lässt sich überhaupt nicht ohne weiteres verstehen. Eine wirkliche Erklärung für das Auftreten stärkeren oder schwächeren Leuchtens (sowie des Leuchtens der Ceratien überhaupt) kann aber vielleicht an der Hand des Nützlichkeitsprinzips im Darwin'schen Sinne gewonnen werden, wenn wir folgendes bedenken.

Nach Jules de Guerne<sup>1)</sup> werden die Mägen der Sardinen oft so vollgepfropft (littéralement gorgés) von *Ceratium* gefunden, dass man nicht umhin kann, diese Peridineenspezies als ein direktes

1) Nourriture de la Sardine (La Nature), 1887.

Nährobjekt jener Fische zu betrachten. Der bloße Augenschein lehrt hinsichtlich des von Baron de Guerne festgestellten Befundes, dass die Ceratien zu Milliarden und aber Milliarden von den Sardinenschwärmen vertilgt werden, abgesehen davon, dass sie auch noch vielen anderen kleineren Seetieren zur Stillung ihres Nahrungsbedürfnisses dienen dürften, so z. B. nach Hensen's Versuchen den massenhaft im Meere lebenden Copepoden<sup>1)</sup>. Wenn sich nun auch die Sardinen schwerlich durch das nächtliche Aufblitzen der kleinen Wesen in der Befriedigung ihres Appetites stören lassen werden, so ist es aber doch sehr wahrscheinlich, dass die Spaltfußkrebse, welche bekanntlich lichtscheu sind, die von den Ceratien erhellten Wasserschichten<sup>2)</sup> fliehen und in dunklere Regionen hinabflüchten. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, hätte das Leuchtvermögen dieser kleinen Wesen die Bedeutung eines Schreckmittels, und da es als solches während der ganzen Nacht wirksam bleibt, so würde mit Eintritt der Dämmerung eine bis Tagesanbruch dauernde natürliche Schonzeit für die Ceratien eintreten, in welcher sie vor der Vertilgung durch die Copepoden gesichert sind. Die biologische Wichtigkeit einer solchen längeren Schutzfrist wird sofort verständlich, wenn wir uns die hinlänglich bekannte Tatsache vor Augen stellen, dass gerade die Fortpflanzung der Ceratien in die Nachtstunden fällt, wo die Assimilationstätigkeit, zu der nur das helle Tageslicht den Anstoß geben kann, ruht. Indem nun die Scharen der Copepoden durch den intensiven Lichtschein, den jene winzigen Nahrungsproduzenten ausstrahlen, zeitweilig weggebannt werden, ist zugleich ein wirksames Schutzmittel für die zahlreichen in Teilung befindlichen *Ceratium*-Zellen gegeben, welche dadurch in den Stand gesetzt sind, durch eine massenhafte Vermehrung ihrer Anzahl, der tagtäglich über sie hereinbrechenden Vertilgungsgefahr wirksam zu begegnen. Welche außerordentliche Bedeutung der Besitz des Leuchtvermögens für die Lebensökonomie dieser kleinen, nach Pflanzenart sich ernährenden Wesen hat, geht aus einigen Ziffern hervor, welche wir Hensen verdanken; dieselben beziehen sich gerade auf die Ceratienvertilgung durch die Copepoden. Dass letztere die Ceratien wirklich fressen, stellte Hensen<sup>3)</sup> durch eine ganze Reihe von Versuchen völlig außer Zweifel. Er fand dabei rechnerisch, dass 1 Copepode in 24 Stunden etwa 8 Ceratien vernichtet. Nehmen wir diese letztere

1) V. Hensen: Über die Bestimmung des Planktons, 1887, S. 94 u. 95.

2) Nach Reinke soll das Meerleuchten im Kieler Hafen während des Spätsommers und Frühherbstes oft von großer Stärke sein. Ich selbst habe es an frischen Oktoberfängen nur in der Dunkelkammer gesehen. H. Molisch (Leuchtende Pflanzen, 1904) berichtet, dass er im Hafen von Triest intensives Leuchten beobachtet habe, welches dort von *Peridinium divergens* herrührte.

3) l. c. S. 94 und 95.

Zahl, die gewiss nicht übertrieben hoch ist, als durchschnittlich richtig an, so beläuft sich die Nahrung eines einzigen Copepoden im Jahre auf 4370 Stück. Jeder Planktonforscher, der Erfahrungen an Meeresfängen gemacht hat, weiß nun aber, dass die Annahme des Vorhandenseins von 1 Million Copepoden per Quadratmeter Seeoberfläche keinesfalls zu hoch gegriffen ist. Dies würde dann eine Jahreszehrung für dieselbe Flächeneinheit von 4370 Millionen ergeben. Hieraus lässt sich entnehmen, in welchem Grade die Ceratien fortgesetzt der Vernichtung durch Copepodenfraß ausgesetzt sind. Dass ihnen also von Natur aus die Anlage (Disposition) zur Erlangung des Leuchtvermögens eingepflanzt war und dass dieses Vermögen sich namentlich auf geringe mechanische Anstöße hin betätigt — beide Vorkehrungen sind demnach so nützlich und lebenswichtig wie nur möglich für die betreffende Spezies und auch genau den Verhältnissen, unter denen sie im Meere lebt, angepasst.

Dass sich, wie wir sahen, das Leuchtvermögen durch chemische Reize gleichfalls anregen und sogar über das in der freien Natur vorkommende Maß steigern lässt, bleibt fürs erste unerklärlich. Aber wenn das Protoplasma der Ceratienzelle überhaupt auf äußere Reize reagiert und diese zeitweilig und in verschiedenen hohem Grade durch Lichtaussendung beantwortet, so darf erwartet werden, dass stärkste Reize auch die stärkste Lichtproduktion auslösen. Und dass übermäßige Reize das Leben vernichten, wogegen solche von mittlerer Intensität es heben und fördern, ist eine uralte Erfahrung der Physiologie, welche durch die ärztliche Praxis tagtäglich neue Bestätigungen erhält. Der Sublimatreiz ruft, wie unser Versuch zeigte, einen der stärksten Lichteffekte hervor; derselbe erlischt aber in kürzester Zeit, weil dadurch gleichzeitig die Zelle getötet wird. Die Zerstörung der mit Quecksilberchlorid überschütteten Ceratien setzt der Lichtproduktion in demselben Augenblicke ein Ziel, wo der Zellenleib der Gerinnung anheimfällt. Dies ist aber ein ganz zufälliger Umstand, denn wir beobachten bei Anwendung von Formalin dieselbe Stärke des Aufleuchtens, ohne dass die Erscheinung so rasch zu Ende geht, wie beim Sublimat. Wir gewahren ferner bei Behandlung der Ceratien mit Urannitrat einen sehr anhaltenden intensiven Lichtschein, mit dem ein relativ langsames Absterben der Zelle Hand in Hand geht. Ich will mit diesen Anführungen nur sagen, dass die Stärke des hervorgerufenen Lichteffektes nicht an die Kürze seiner Dauer geknüpft ist, womit Reinke's Ansicht, dass gerade die „Todeszuckung“ es sei, welche das Maximum des Aufblitzens bedinge, nicht in Einklang zu bringen ist.

Wenn aber Prof. Reinke am Schlusse seiner Abhandlung besonders darauf hinweist, dass mechanische, thermische und chemische Einwirkungen — also ganz verschiedene Reize — eine identische Reaktion bei der *Ceratium*-Zelle auslösen und dass damit

eine bemerkenswerte Analogie zu den spezifischen Sinnesorganen tierischer Nervenendigungen zu erblicken sei, so müssen wir ihm betreffs dieses Punktes im wesentlichen beistimmen. Ein gewisser Unterschied waltet allerdings bei dieser Parallele darin ob, dass die Ceratien zu manchen Zeiten überhaupt nicht auf dergleichen äußere Reize zu reagieren scheinen, wie mir das Material vom 28. Oktober d. Js. bewies. Die damals gefangenen Ceratien betätigten ihre Leuchtfähigkeit nur in den Abend- und Nachtstunden, also zu der Zeit, wo sie dem Copepodenfraße am meisten ausgesetzt zu sein pflegen. Ihre spezifische Eigenschaft, der Einwirkung von sie treffenden Reizen mit Lichtaussendung zu beantworten, schlummerte also während des Tages, woraus zu entnehmen ist, dass vielleicht auch eine Anpassung dieser biologisch-wichtigen Funktion hinsichtlich der Zeit besteht, wo sie als Schreck- und Schutzmittel — menschlich zu reden — am erwünschtesten sein muss.

Hierin besteht also ein charakteristischer Unterschied zwischen den animalischen Sinnesenergien und dem damit parallelisierten Leuchtvermögen der Ceratien. Nichtsdestoweniger hat Reinke aber das Verdienst, auf die zwischen beiden Klassen von Phänomenen offenbar bestehende Verwandtschaft zum ersten Male hingedeutet und betont zu haben, dass die Aktion der spezifischen Sinnesenergien in einer ähnlichen Rückwirkung ihre Grundlage haben müsse, wie das Leuchten der Peridineen.

Meinerseits glaube ich durch die obige Argumentation (unter Zugrundelegung und Kombination notorischer Tatsachen) an dem speziellen Falle der Ceratien in befriedigender Weise gezeigt zu haben, worin die Lebenswichtigkeit resp. Nützlichkeit des Leuchtvermögens für diese Panzerflagellaten liegt, und inwiefern dasselbe als eine sehr wirksame Waffe im Kampfe ums Dasein, den diese winzigen Organismen Tag für Tag innerhalb ihres Lebeuselementes zu bestehen haben, betrachtet werden muss. [76]

Biologische Station, 31. Oktober 1904.

### Schröder, Chr.: Die Zeichnungsvariabilität von *Abraxas grossulariata* L. (Lep.), zugleich ein Beitrag zur Deszendenztheorie.

In: Allg. Zeitschr. f. Entomologie (Neudamm), Bd. VIII, 1903, p. 105—118, 145—157, 177—192, 228—233.

• Eine neue bedeutende Arbeit, welche sich der im vorigen Jahre hier von mir besprochenen über ein paralleles Thema (Bd. XXIII,

von Licht und Dunkelheit reagieren. Bei näherer Nachforschung ergab sich auch noch das weitere bemerkenswerte Faktum, dass die bei Nacht an der Oberfläche flottierend bleibenden Kolonien zu allermeist jüngere und noch nicht in Fortpflanzung begriffene waren, wenn sie auch schon die Anlage der Tochterkolonien in ihrem Innern zeigten. Hiernach scheint es so, dass sich die jüngeren *Volvox*-Kugeln gegen die Einwirkung der Dunkelheit indifferent verhalten, wogegen die mit Sporen oder Tochterkolonien trächtigen Stöcke beim Anfhören der Assimilationstätigkeit infolge Lichtmangels ehebaldigst den tieferen Wasserschichten zustreben. Mindestens verhält sich die Mehrzahl in solcher Weise; eine gewisse Minorität freilich, die auch in vorgeschrittener Fortpflanzung begriffen ist, bleibt trotzdem in nächster Nähe der Oberfläche schweben und nimmt nicht teil an der Tiefenwanderung.

Eine Prüfung der zwischen den *Volvox*-Kugeln vorhandenen Schwabalen (*Asterionella gracillima* und *Fragilaria crotonensis*) auf ihr Verhalten bei Tage und zur Nachtzeit ergab — bei derselben Methode der Zählung ihrer Familienverbände — keinen Anhalt für die doch mögliche Tatsache, dass auch sie bei Einbruch der Dunkelheit eine Tendenz zum Sinken dokumentierten. Es zeigte sich bei den beiden genannten Planktondiatomeen keine passive Wanderung in die Tiefe, sondern ihre Anzahl während der Tages- und Nachtstunden schwankte nur innerhalb der Fehlergrenzen, die durch die Methode des Schöpfens und des Auszählens von Stichproben naturgemäß gegeben sind.

Auch an Algenmaterial aus dem Gr. Plöner See, insbesondere an *Gloiothrichia echinulata*, die im August mit genügender Massenhaftigkeit in diesem Wasserbecken auftritt, ließ sich keinerlei Hang zur Migration nachweisen: ausgenommen, dass die mit völlig ausgebildeten Sporen behafteten Exemplare dieser Algenstöcke durch ihr eigenes Gewicht am Ende der Vegetationszeit in die Tiefe gezogen werden. [75]

### Richtigstellung.

In meinem Aufsatz über *Ceratium tripos* (vgl. Nr. 1 des Biol. Centralblattes von 1905) habe ich eine am Vorderhorn dieser Meeres-Peridinee von mir beobachtete Öffnung angezeigt und die röhrenförmige Beschaffenheit dieses sogenannten Apikalhorns hervorgehoben. Ich war der Meinung, dass diese Verhältnisse von den früheren Beobachtern übersehen worden seien. Dies ist aber nicht der Fall, denn ich entnehme nachträglich aus einer Spezialabhandlung von F. Schütt (Engler und Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien I, Teil 1, Abteil. 6, 1896, S. 17), dass der genannte Forscher in der allgemeinen Charakteristik der *Ceratiae* ausdrücklich sagt: „Oberschale (Epivalva) mit Apikalöffnung, Endplatten oft zu einem hohlen Horn verbunden.“ Ich säume nicht, dies hier schleunigst nachzutragen, um damit dem Prioritätsansprüche des Herrn Prof. Schütt hinsichtlich jener Eigenschaften gewisser Ceratienzellen gerecht zu werden.

8. Januar 1905.

Dr. Otto Zacharias (Plön).

### Berichtigung.

In der Abhandlung von Dr. Em. Rád1 S. 3, Bd. XXV, 9. Zeile v. oben soll „Muskelsinnes“ statt „Mantelsinnes“ gelesen werden.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Zacharias Otto

Artikel/Article: [Beobachtungen u̇ber das Leuchtverm̃ogen von Ceratium tripos \(Mull̃ll.\). 20-30](#)